

**SKRIPSI**

**PENGARUH PENGGANTIAN SEBAGIAN *FILLER*  
SEMEN DENGAN KOMBINASI 40% SERBUK  
BATU BATA DAN 60% ABU CANGKANG  
LOKAN PADA CAMPURAN *ASPHALT*  
*CONCRETE BINDER COURSE*  
(AC-BC)**



Oleh :

**ADVANTY ESENTIA  
G1B010007**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BENGKULU  
2014**

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

**PENGARUH PENGgantian SEBAGIAN *FILLER* SEMEN  
DENGAN KOMBINASI 40% SERBUK BATU BATA DAN  
60% ABU CANGKANG LOKAN PADA CAMPURAN  
*ASPHALT CONCRETE BINDER COURSE*  
(AC-BC)**

Sejauh yang saya ketahui bukan merupakan hasil duplikasi dari skripsi atau karya ilmiah lainnya yang pernah dipublikasikan dan pernah dipergunakan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di perguruan tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Bengkulu, Oktober 2014



Advanty Esentia  
NPM. G1B010007

### **MOTTO :**

*Dan mohonkanlah pertolongan (kepada Allah) dengan sabar dan solat.*

*(al-Baqarah : 45).*

*Sesuatu mungkin mendatangi mereka yang mau menunggu, namun hanya didapatkan oleh mereka yang bersemangat mengejarnya*

*(Abraham Lincoln).*

*Pekerjaan besar tidak dihasilkan dari kekuatan, melainkan oleh ketekunan*

*(Samuel Johnson).*

### **PERSEMBAHAN :**

Dengan memanjatkan rasa syukur kehadiran Allah SWT serta shalawat beriring salam kepada Nabi Besar Muhammad SAW. Ku persembahkan sebuah karya kecil ini kepada :

- ❖ Bangsa dan Negara serta almamaterku Universitas Bengkulu.
- ❖ Papa (Jumri Agusti, S.E), Mama (Ratna Juita, S.Pd) yang selalu membantu dan memberikan dukungan hingga selesainya penyusunan skripsi ini.
- ❖ Dosen Pembimbing Akademikku (Bapak Makmun Reza Razal, S.T., M.T) yang telah banyak membimbing dan membantuku selama 4 tahun terakhir ini.
- ❖ Adikku tercinta (Findy Rahma Dini) yang selalu punya waktu untuk membantu.
- ❖ Teman-teman seperjuangan tim aspal terima kasih telah saling berbagi dan bekerja sama.
- ❖ Sahabat-sahabatku (Kristiana Kovalevsky, Agung Eko Baskoro, Yofie Williansyah, Faddli Usman, Galih Rio, Tommy Idwin) yang selalu membantu, berbagi *moment* senang dan sedih serta saling memotivasi.
- ❖ Teman-temanku di Teknik Sipil 10 (TEKSAS) yang memberikan bantuan baik moril maupun materiil yang takkan ternilai oleh materi sebanyak apapun, semoga Allah memberikanku kemampuan untuk membalas segala kebaikan kalian.
- ❖ Keluarga besar Teknik Sipil Universitas Bengkulu.

## KATA PENGANTAR



Puji syukur penyusun ucapkan atas kehadiran Allah Subhanahuwata'ala, yang telah melimpahkan kesehatan, waktu dan kekuatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Penggantian Sebagian *Filler* Semen Dengan Kombinasi 40% Serbuk Batu Bata Dan 60% Abu Cangkang Lokan Pada Campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC)” sampai dengan selesai. Skripsi ini merupakan syarat untuk menyelesaikan Program Studi Strata Satu (S1) Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bengkulu.

Penyusun mengucapkan terima kasih atas segala bantuan dan bimbingan serta fasilitas yang diberikan setiap pihak, khususnya kepada yang terhormat:

1. Ibu Fepy Supriani S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Bengkulu.
2. Bapak Samsul Bahri, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bantuan, bimbingan, arahan dan gagasan.
3. Bapak Makmun Reza Razali, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing pendamping dan Pembimbing Akademik saya yang telah banyak membantu, membimbing dan memberi masukan.
3. Bapak Hardiasyah, S.T., M.T., dan Bapak Yuzuar Afrizal, S.T., M.T., selaku dosen penguji yang memberikan keritik dan masukan.
4. Bapak dan Ibu Dosen yang telah membantu, membimbing dan memberikan pengetahuan selama proses belajar mengajar.
8. Ayah, Ibu serta keluarga yang turut memberi dukungan demi kelancaran penyusunan skripsi ini.
9. Teman-teman seperjuangan yang telah memberikan dukungan baik materil maupun moril.

Penyusun menyadari sepenuhnya dalam penyusunan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan dan kekeliruan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat diharapkan demi perbaikan di kemudian hari.

Akhirnya penyusun berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Bengkulu, Oktober 2014



Advanty Esentia  
G1B010007

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....</b>	<b>iii</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR RUMUS .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR ISTILAH .....</b>	<b>xiv</b>
<b>INTISARI.....</b>	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.2 Rumusan Masalah .....	I-2
1.3 Tujuan Penelitian .....	I-2
1.4 Batasan Masalah .....	I-2
1.5 Manfaat Penelitian .....	I-3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Konstruksi Jalan Raya .....	II-1
2.2 <i>Filler</i> .....	II-1
2.2.1 Semen <i>Portland</i> .....	II-2
2.2.2 Serbuk Batu Bata.....	II-2
2.2.3 Cangkang Lokan.....	II-4
2.3 Aspal.....	II-5
2.2.1 Pengertian Aspal.....	II-5
2.2.2 Kandungan Aspal .....	II-6
2.2.3 Fungsi Aspal Sebagai Material Perkerasan Jalan.....	II-6

2.4 Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC).....	II-7
2.5 Agregat .....	II-9
2.5.1 Agregat Kasar.....	II-9
2.5.2 Agregat Halus.....	II-10
2.5.3 Gradasi Agregat.....	II-10
2.6 Rancangan Campuran Aspal ( <i>Mix Design</i> ) .....	II-11
2.7 Pengujian Marshall.....	II-16
2.8 Hasil Penelitian Sebelumnya .....	II-16

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Gambaran Umum Penelitian.....	III-1
3.2 Tahapan Penelitian .....	III-1
3.2.1 Persiapan Bahan .....	III-1
3.2.2 Persiapan Alat .....	III-3
3.2.3 Pemeriksaan Aspal .....	III-4
3.2.4 Pemeriksaan Agregat .....	III-4
3.2.5 Rancangan Campuran Aspal.....	III-4
3.2.6 Pembuatan Benda Uji <i>Marshall Test</i> .....	III-5
3.3 Prosedur Marshall Untuk Campuran.....	III-8
3.4 Bagan Alir Penelitian .....	III-9

### **BAB IV PEMBAHASAN**

4.1 Uji Fisis Agregat .....	IV-1
4.1.1 Hasil Uji Fisis Analisa Saringan Agregat Kasar .....	IV-1
4.1.2 Hasil Uji Fisis Analisa Saringan Agregat Halus .....	IV-2
4.1.3 Uji Fisis Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar ....	IV-3
4.1.4 Hasil dan Pembahasan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus .....	IV-3
4.1.5 Hasil Uji Fisis Berat Jenis <i>Filler</i> .....	IV-4
4.1.6 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Kasar .....	IV-5
4.1.7 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus .....	IV-5
4.1.8 Hasil Pengujian Keausan Agregat Menggunakan Alat Abrasi <i>Los Angeles</i> .....	IV-6

4.2 Uji Fisis Aspal .....	IV-6
4.2.1 Titik Lembek Aspal.....	IV-6
4.2.2 Penetrasi Aspal.....	IV-7
4.2.3 Berat Jenis Aspal .....	IV-7
4.3 Pembahasan Pencampuran Agregat Pada Campuran AC-BC. IV-7	
4.3.1 Kebutuhan Material Untuk Pembuatan Satu Benda Uji IV-7	
4.4 Hasil Pembahasan Kadar Aspal Terhadap Campuran Aspal.. IV-9	
4.5 Penentuan Kadar Aspal Optimum.....	IV-10
4.6 Hasil Pengujian Marshal Pada Kadar Aspal Optimum .....	IV-13
4.6.1 Stabilitas.....	IV-14
4.6.2 <i>Flow</i> .....	IV-15
4.6.3 <i>Void of Material Aggregate (VMA)</i> .....	IV-16
4.6.4 <i>Volume of Void Fiiled by Asphalt (VFA)</i> .....	IV-18
4.6.5 <i>Void in Mixture (VIM)</i> .....	IV-19
4.6.6 <i>Marshall Quotient (MQ)</i> .....	IV-20

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	V-1
5.2 Saran.....	V-2

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Ketentuan <i>Filler</i> .....	II-2
Tabel 2.2	Komposisi Semen <i>Portland</i> .....	II-2
Tabel 2.3	Komposisi Kimia Cangkang Kerang .....	II-5
Tabel 2.4	Tebal Nominal Minimum Campuran Beraspal .....	II-7
Tabel 2.5	Kekuatan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC) .....	II-8
Tabel 2.6	Ketentuan Aspal Penetrasi 60-70 .....	II-8
Tabel 2.7	Ketentuan Agregat Kasar .....	II-9
Tabel 2.8	Ketentuan Agregat Halus .....	II-10
Tabel 2.9	Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal .....	II-11
Tabel 2.10	Perbedaan Metode Marshall dan Metode CQCMU .....	II-13
Tabel 3.1	Komposisi dan Jumlah Pembuatan Benda Uji .....	III-7
Tabel 3.2	Rancangan Benda Uji Berdasarkan KAO .....	III-7
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar .....	IV-2
Tabel 4.2	Data Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus.....	IV-2
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar .....	IV-3
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus .....	IV-3
Tabel 4.5	Berat Total Campuran Sesuai Gradasi Dalam Satu Benda Uji .....	IV-8
Tabel 4.6	Jumlah <i>Filler</i> dalam Satu Benda Uji .....	IV-9
Tabel 4.7	Kadar Aspal Untuk Satu Benda Uji.....	IV-10
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Marshall untuk Mencari KAO pada Komposisi <i>Filler</i> 100:0.....	IV-10
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Marshall untuk Mencari KAO pada Komposisi <i>Filler</i> 50:50.....	IV-11
Tabel 4.10	Hasil Pengujian Marshall untuk Mencari KAO pada Komposisi <i>Filler</i> 0:100.....	IV-12
Tabel 4.11	Hasil Rekapitulasi Kadar Aspal Optimum.....	IV-13
Tabel 4.12	Hasil Pengujian Marshall untuk Setiap Variasi Penggantian <i>Filler</i> .....	IV-14

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Serbuk Batu Bata .....	II-3
Gambar 2.2	Cangkang Lokan Di Bengkulu .....	II-4
Gambar 2.3	Abu Cangkang Lokan.....	II-5
Gambar 2.4	Kadar Aspal .....	II-6
Gambar 3.1	Bagan Alir Penelitian .....	III-8
Gambar 4.1	Proses Penyaringan Agregat .....	IV-1
Gambar 4.2	Pengujian Berat Jenis <i>Filler</i> .....	IV-4
Gambar 4.3	Pengujian Berat Isi Agregat Kasar.....	IV-5
Gambar 4.4	Grafik Gradasi Agregat .....	IV-9
Gambar 4.5	Grafik untuk Mencari KAO pada Komposisi <i>Filler</i> 100:0 ....	IV-11
Gambar 4.6	Grafik untuk Mencari KAO pada Komposisi <i>Filler</i> 50:50 ....	IV-12
Gambar 4.7	Grafik untuk Mencari KAO pada Komposisi <i>Filler</i> 0:100 ....	IV-13
Gambar 4.8	Grafik Hasil Stabilitas terhadap Penggantian <i>Filler</i> .....	IV-14
Gambar 4.9	Grafik Hasil Nilai <i>Flow</i> terhadap Penggantian <i>Filler</i> .....	IV-16
Gambar 4.10	Grafik Hasil Nilai VMA terhadap Penggantian <i>Filler</i> .....	IV-17
Gambar 4.11	Grafik Hasil Nilai VFA terhadap Penggantian <i>Filler</i> .....	IV-18
Gambar 4.12	Grafik Nilai VIM terhadap Penggantian <i>Filler</i> .....	IV-19
Gambar 4.13	Grafik Nilai MQ terhadap Penggantian <i>Filler</i> .....	IV-21

## DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Kadar Aspal .....	II-15
-----------------------------	-------

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 ....	Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar.....	L-1
Lampiran 2	Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus.....	L-2
Lampiran 3	Berat Jenis Agregat Kasar .....	L-3
Lampiran 4	Berat Jenis Agregat Halus .....	L-4
Lampiran 5	Berat Jenis <i>Filler</i> Pengganti .....	L-5
Lampiran 6	Berat Jenis <i>Filler</i> Semen <i>Portland</i> .....	L-6
Lampiran 7	Berat Isi Agregat Kasar .....	L-7
Lampiran 8	Berat Isi Agregat Halus .....	L-8
Lampiran 9	Uji Keausan Agregat .....	L-9
Lampiran 10	Berat Jenis Aspal.....	L-10
Lampiran 11	Penetrasi Aspal.....	L-11
Lampiran 12	Titik Lembek Aspal.....	L-12
Lampiran 13	Perhitungan Berat Total Campuran Pergradasi dalam 1 Benda Uji .....	L-13
Lampiran 14	Grafik Gradasi Agregat .....	L-14
Lampiran 15	Perhitungan Berat <i>Filler</i> Sesuai Komposisi .....	L-15
Lampiran 16	Perhitungan Kadar Aspal.....	L-16
Lampiran 17	Hasil Pengujian Marshall Tahap 1 Komposisi <i>Filler</i> 100:0.....	L-17
Lampiran 18	Grafik Pengujian Marshall Tahap 1 Komposisi <i>Filler</i> 100:0...	L-18
Lampiran 19	Hasil Pengujian Marshall Tahap 1 Komposisi <i>Filler</i> 50:50.....	L-19
Lampiran 20	Grafik Pengujian Marshall Tahap 1 Komposisi <i>Filler</i> 50:50...	L-20
Lampiran 21	Hasil Pengujian Marshall Tahap 1 Komposisi <i>Filler</i> 0:100.....	L-21
Lampiran 22	Grafik Pengujian Marshall Tahap 1 Komposisi <i>Filler</i> 0:100...	L-22
Lampiran 23	Hasil Pengujian Marshall Tahap 2 (KAO) .....	L-23
Lampiran 24	Grafik Pengujian Marshall Tahap 2 (KAO) .....	L-24
Lampiran 25	Rumus Yang Digunakan Selama Penelitian .....	L-25
Lampiran 26	Rincian Perhitungan Hasil Pengujian Marshall (KAO) .....	L-30
Lampiran 27	Perhitungan Nilai Ekonomis <i>Filler</i> .....	L-32
Lampiran 28	Dokumentasi .....	L-34

## DAFTAR ISTILAH

<i>Asphalt Concrete Binder Course</i>	: Laston sebagai lapisan pengikat.
<i>Filler</i>	: Bahan pengisi rongga dalam campuran aspal beton.
Laston	: Beton aspal bergradasi menerus yang umumnya digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat.
<i>Marshall Test</i>	: Alat pengujian aspal.
<i>Marshall Quotient</i>	: Perbandingan nilai stabilitas dan <i>flow</i> .
VIM	: Volume pori dalam beton aspal padat.
VFA	: Volume pori antara butir agregat terisi aspal.
VMA	: Volume pori dalam agregat campuran.
<i>Saturated Surface Dry</i>	: Berat Jenis Permukaan Jenuh pada Agregat
<i>Bulk</i>	: Berat Jenis kering oven pada Agregat.
<i>Apparent</i>	: Berat Jenis semu pada Agregat.
<i>Absorbsi</i>	: Penyerapan material.

# **PENGARUH PENGANTIAN SEBAGIAN FILLER SEMEN DENGAN KOMBINASI 40% SERBUK BATU BATA DAN 60% ABU CANGKANG LOKAN PADA CAMPURAN ASPHALT CONCRETE BINDER COURSE (AC-BC)**

## **INTISARI**

Penelitian ini merupakan eksperimen untuk mencari alternatif pengganti *filler* semen Portland dengan memanfaatkan limbah abu cangkang lokan dan serbuk batu bata karena limbah tersebut memiliki senyawa kimia yang hampir menyerupai senyawa penyusun semen Portland. Seperti yang diketahui, semen mengandung kapur tohor sebesar 60-65%, silika 20-24% dan Alumina 4-8%. Serbuk Batu Bata mengandung silika 47% dan Alumina 47% sedangkan Abu cangkang kerang mengandung kapur tohor 67,072%, Alumina 1,622% dan senyawa silika 8,252%. Kandungan kapur dan silika yang tinggi diharapkan dapat meningkatkan stabilitas pada campuran. Penelitian ini mengkombinasikan 2 limbah yang kandungannya saling melengkapi dengan komposisi 60% Abu cangkang lokan dan 40% serbuk batu bata sebagai pengganti *filler* semen Portland pada campuran AC-BC. Persentase yang diambil dari penelitian ini berupa 100:0, 50:50 dan 0:100. Dari hasil pengujian karakteristik Marshall dapat disimpulkan bahwa nilai stabilitas semakin meningkat seiring dengan pergantian *filler* dan stabilitas terbaik dihasilkan oleh komposisi *filler* 0:100 (yang mengandung kapur dan silika yang tinggi) sebesar 926,545 kg dan kerapatan rongga campuran (VIM) yang kecil sebesar 3,226%. Nilai VIM yang kecil mengindikasikan tingkat kerapatan suatu campuran AC-BC sedangkan semakin besar nilai stabilitas menunjukkan tingkat kekuatan campuran AC-BC terhadap kemampuan menerima beban.

Kata kunci: abu cangkang lokan, serbuk batu bata, beton aspal lapis antara.

**EFFECT OF REPLACEMENT PARTIAL OF PORTLAND CEMENT  
FILLER WITH A COMBINATION OF 40% BRICK POWDER AND 60%  
LOKAN SHELL ASH ON ASPHALT CONCRETE BINDER COURSE  
(AC-BC)**

**ABSTRACT**

*This research is an experiment to look for alternatives of Portland cement filler with utilizing of lokan shell ash and brick powder because the wastes have chemical compounds which almost resembles a compound constituent of Portland cement. As is known, the cement containing calcium oxide by 60-65%, silica 20-24% and 4-8% Alumina. Bricks powder containing 47% silica and 47% alumina, while lokan shell ash containing calcium oxide 67,072%, 1,622% Alumina and silica compound 8,252%. The high contain of calsium oxide and silica expected to increase the stability of AC-BC. This research combines two complementary waste videlicet 60% lokan shell ash and 40% brick powder as filler substitute for Portland cement in the mix AC-BC. Percentage taken from this research is a 100: 0, 50:50 and 0: 100. The result of Marshall test characteristics concluded that stability increasing with the change of filler and the best stability generated from filler composition 0:100 (which have high contain of calcium oxide and silica) is 926,545 kg and cavity density mix (VIM) by 3,226%. The small VIM value indicated a level density of AC-BC while the higher value of stability indicates the level strenght of AC-BC within receive load.*

*Keyword: Lokan shell ash, brick powder, asphalt concrete binder course.*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Campuran aspal panas atau yang sering disebut *hotmix* merupakan jenis campuran yang sering dibuat, dihamparkan dan dipadatkan dalam kondisi panas. Menurut Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga 2010 revisi 1 (BM 2010), salah satu jenis *hotmix* yang umumnya dipakai di Indonesia adalah *Asphalt Concrete* (AC). AC/aspal beton itu sendiri terbentuk dari agregat kasar, agregat halus, aspal sebagai bahan perekat dan *filler* sebagai bahan pengisi.

Persyaratan *filler* menurut Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga 2010 revisi 1 harus dalam kondisi kering, bebas dari gumpalan-gumpalan dan lolos ayakan diameter 75 micron. Berdasarkan ketentuan tersebut, dalam aplikasi di lapangan, *filler* sering menggunakan semen karena mudah didapat. Selain itu, semen juga mengandung kapur tohor 60-65%, silika 20-24% dan alumina sekitar 4-8%. Kandungan bahan tersebut mempengaruhi stabilitas dan viskositas campuran aspal. Namun hal tersebut tidak menutup kemungkinan adanya penggunaan *filler* lain selama masih memenuhi ketentuan yang disyaratkan.

Menurut Czernin (1980) dalam penelitian Darmawan (2013) sebelumnya mengatakan bahwa cangkang kerang mengandung senyawa yang hampir mirip dengan kandungan yang terdapat dalam semen yaitu kapur tohor sebesar 67,072%, alumina sebesar 1,622% dan senyawa silika sebesar 8,252%. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Sahlan (2009) menunjukkan bahwa penggunaan kulit kerang sebagai bahan tambah *filler* dapat meningkatkan stabilitas pada campuran *Asphalt Thrated Base*.

Fauzi (2012) menyebutkan dalam sebuah blog bahwa batu bata memiliki sebagian besar silika sebesar 47% dan alumina sebesar 47%. Senyawa kimia yang terkandung dalam batu bata juga memiliki kemiripan dengan senyawa kimia dalam kandungan cangkang kerang dan semen. Oleh karena itu, pada penelitian



kali ini akan dicoba menggunakan kulit kerang jenis lokan sebagai pengganti *filler* semen *Portland* yang akan dikombinasikan dengan batu bata. Penelitian ini merupakan eksperimen dan akan dilihat pengaruhnya dari penggantian sebagian *filler* semen dengan abu cangkang lokan dan serbuk batu bata pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* dengan perbandingan 60% abu cangkang lokan dan 40% serbuk batu bata.

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Seberapa besar pengaruh penggunaan 60% abu cangkang lokan dan 40% serbuk batu bata sebagai pengganti sebagian *filler* terhadap karakteristik Marshall dengan perbandingan antara *filler* semen dan *filler* pengganti 100:0, 50:50, 0:100 pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)*?
2. Berapa nilai persentase optimum karakteristik Marshall pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menguji nilai karakteristik Marshall pada penggantian sebagian *filler* Semen *Portland* dengan 60% abu cangkang lokan dan 40% serbuk batu bata pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* yang terdiri dari stabilitas, *flow*, *VMA*, *VIM*, *VFA* dan *Marshall Quotient*.
2. Mencari komposisi penggantian *filler* yang optimum diantara persentase *filler* 100:0, 50:50 dan 0:100.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Spesifikasi campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* mengacu pada Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga 2010 revisi 1 (BM 2010).

2. Pengujian yang dilakukan pada benda uji berupa Marshall *test* yang meliputi : stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient*, *Voids In Mixture* (VIM), *Voids in Mineral Agregat* (VMA), dan *Voids Filled by Asphalt* (VFA).
3. *Filler* yang akan diganti adalah Semen *Portland* dan bahan pengganti *filler* yang digunakan berupa kombinasi dari 60% abu cangkang lokan dan 40% serbuk batu bata.
4. Perbandingan antara *filler* Semen *Portland* dan kombinasi 60% abu cangkang lokan dan 40% serbuk batu bata yang diambil sebesar 0:100, 50:50 dan 100:0.
5. Persyaratan agregat dan aspal mengacu pada BM 2010.
6. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70.
7. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Bengkulu Utara.
8. Agregat halus yang digunakan berasal dari Bengkulu Utara.
9. Cangkang lokan yang digunakan berasal dari Pulau Baai Kota Bengkulu.
10. Limbah Batu bata yang digunakan diambil dari pabrik batu bata di Kelurahan Dusun Besar Kota Bengkulu.
11. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bengkulu.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Dari penelitian ini diharapkan memperoleh manfaat berupa:

1. Pemanfaatan limbah cangkang lokan dan limbah batu bata yang jarang digunakan untuk keperluan konstruksi jalan raya.
2. Mengurangi masalah limbah khususnya limbah cangkang lokan dan batu bata.
3. Pengembangan ilmu pengetahuan khususnya dibidang transportasi.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Konstruksi Jalan Raya

Dalam Undang-Undang Jalan Raya No. 13/1980 disebutkan bahwa jalan merupakan suatu prasarana perhubungan darat dalam bentuk apapun meliputi segala bagian jalan termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalu lintas. Secara umum, perkembangan konstruksi perkerasan di Indonesia mulai berkembang pesat sejak tahun 1970 dimana mulai diperkenalkannya pembangunan perkerasan jalan sesuai dengan fungsinya (Hadihardaja, 1997).

Untuk menunjang fungsinya sebagai konstruksi jalan, maka perkerasan jalan raya dibuat berlapis-lapis agar mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai. Lapis perkerasan itu terdiri dari lapis permukaan sebagai lapis paling atas yang terdiri dari lapis aus (*Wearing Course*) dan lapis antara (*Binder Course*). Lapis pondasi atas (*Base Course*) yang terletak diantara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah. Lapis pondasi bawah (*Subbase Course*) yang terletak diantara lapis pondasi dan tanah dasar. Semua lapis perkerasan tersebut memiliki spesifikasi tersendiri untuk menunjang fungsinya masing-masing sebagai lapis perkerasan (Suprpto, 2004).

#### 2.2 Filler

*Filler* merupakan material pengisi dalam lapisan aspal. Disamping itu, kadar dan jenis *filler* akan berpengaruh terhadap sifat elastisitas campuran dan sensifisitas campuran (Rahaditya, 2012).

Adapun ketentuan *filler* pada campuran aspal menurut Bina Marga 2010 revisi 1 adalah:

1. Bahan pengisi yang ditambahkan terdiri atas debu batu kapur (*limestone dust*), kapur padam (*hydrated lime*), semen atau abu terbang yang sumbernya disetujui oleh Direksi Pekerjaan.

2. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI 03-1968-1990 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200 (75 *micron*) tidak kurang dari 75 % terhadap beratnya.
3. Semua campuran beraspal harus mengandung bahan pengisi yang ditambahkan tidak kurang dari 1% dan maksimum 2% dari berat total agregat.

Tabel 2.1 Ketentuan *Filler*

Pengujian	Standar	Nilai
Material lolos saringan no.200	SNI 03-6723-2002	Min. 75%

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2010 Revisi I Divisi 6

### 2.2.1 Semen *Portland*

Semen *Portland* dibuat dari batu kapur (*limestone*) dan mineral yang lainnya, dicampur dan dibakar dalam sebuah alat pembakaran dan sesudah itu didapat bahan material yang berupa bubuk. Bubuk tersebut akan mengeras dan terjadi ikatan yang kuat karena suatu reaksi kimia ketika dicampur dengan air (Putrowijoyo, 2006).

Komposisi senyawa kimia dari semen *portland* adalah sebagai berikut dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Komposisi Semen *Portland*

No	Oksidasi	Lambang	Kode	Presetase
1.	Calcium Oxide	CaO	C	60-65
2.	Magnesium Oxide	MgO	M	0-5
3.	Aluminium Oxide	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	A	4-8
4.	Ferrie Oxide	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F	2-5
5.	Silicon Oxide	SiO <sub>2</sub>	S	20-24
6.	Sulfur Oxide	SI <sub>3</sub>	S	1-3

Sumber: Putrowijoyo, 2006

### 2.2.2 Serbuk Batu Bata

Batu Bata merupakan batu yang dibuat untuk keperluan konstruksi seperti pembuatan dinding dan tembok. Bahan dasar pembuatan batu bata merah ini bersifat plastis. Tanah liat sebagai bahan dasar pembuatan batu bata merah

mengalami proses pembakaran dengan temperatur tinggi diatas  $800^{\circ}\text{C}$  hingga mengeras seperti batu (Wulandari, 2011).

Banyak penelitian yang memanfaatkan batu bata sebagai *filler* untuk perkerasan jalan maupun untuk keperluan konstruksi bangunan beton karena sifatnya yang keras dan tahan terhadap kuat tekan. Menurut Widodo (2004) dalam penelitiannya mengatakan bahwa batu bata merah memiliki kandungan  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  lebih dari 70%, sehingga tergolong sebagai *pozzolan* aktif.

Menurut Fauzi (2012) batu bata merah mengandung silika sebesar 47% dan alumina sebesar 47%, dimana dalam penelitian yang dilakukan oleh Ambarwati dan Arifin (2009) mengatakan penggunaan silika dalam campuran beraspal dapat meningkatkan potensi stabilitas dan durabilitas pada campuran aspal.

Sitepu (2014) dalam penelitiannya mengatakan bahwa masyarakat Kota Bengkulu banyak menggunakan batu bata merah sebagai dinding bangunan. Hal ini bisa dilihat dari rumah-rumah yang berada dikawasan Kota Bengkulu hampir semua bangunan rumah menggunakan bata merah sebagai material utama dinding. Kebutuhan akan batu bata merah ini diiringi dengan banyaknya produksi batu bata merah yang ada di Kota Bengkulu dan limbah batu bata yang berserakan di setiap pabrik batu bata. Karena komposisinya yang tergolong sebagai *pozzolan* menyerupai sifat semen dan kandungan silika yang tinggi diharapkan dapat mengurangi kadar aspal dan meningkatkan stabilitas campuran maka pada penelitian ini dicoba menggunakan limbah batu bata merah yang ada di Kota Bengkulu sebagai *filler* pengganti semen.



Sumber: Dokumentasi Pribadi

Gambar 2.1 Serbuk Batu Bata

### 2.2.3 Cangkang Lokan

Cangkang kerang merupakan cangkang dari hewan molusca yang banyak hidup di daerah perairan muara dan pantai. Cangkang kerang ini mengandung kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yang apabila dipanaskan akan berubah menjadi  $\text{CaO}$  dan melepaskan  $\text{CO}_2$  ke udara, sehingga yang tersisa hanya  $\text{CaO}$  (kapur tohor) dan Si (Silika) dimana kandungan tersebut merupakan komponen pembentuk semen selain  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan Al (Czernin, 1980 dalam Darmawan, 2013).

Kapur dalam campuran aspal panas (*hotmix*) menciptakan banyak manfaat diantaranya adalah bertindak sebagai anti *stripping agent* yang dapat meningkatkan durabilitas atau keawetan kinerja campuran beton aspal dalam menerima repetisi beban lalu-lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Di sisi lain kapur juga berperan sebagai stabilitor guna meningkatkan stabilitas campuran sehingga tahan terhadap alur (*rutting*) dan deformasi plastis. Kapur juga dapat mempengaruhi kinerja campuran beton aspal dengan cara meningkatkan ikatan antara aspal dan agregat (Mansyur dkk., 2012).



Sumber: [Bengkuluekpress.com](http://Bengkuluekpress.com)

Gambar 2.2 Cangkang Lokan Di Bengkulu

Kota Bengkulu sebagai daerah yang memiliki garis pantai yang panjang mengakibatkan banyaknya limbah cangkang lokan terutama di daerah pesisir. Saat ini pemanfaatan limbah ini belum optimal, biasanya cangkang lokan yang telah diambil isinya ada yang dibuat souvenir tapi sebagian besar belum dimanfaatkan dan hanya menjadi limbah yang berserakan yang dapat merusak lingkungan dan

menimbulkan bau busuk (Supriani, 2013). Berdasarkan kandungan yang terdapat pada cangkang kerang dan sifatnya yang menyerupai semen, maka penelitian ini menggunakan cangkang kerang jenis lokan sebagai alternatif pengganti *filler* semen yang akan dikombinasikan dengan batu bata.

Umumnya, abu cangkang kerang dari berbagai jenis mengandung komposisi kimia yang dapat dilihat dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Komposisi Kimia Abu Cangkang Kerang

Komponen Kimia	Kadar senyawa kimia (%)
CaO	67,072
SiO <sub>2</sub>	8,252
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,402
MgO	22,652
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,622

Sumber: Annur, 2013



Sumber: Dokumentasi Pribadi

Gambar 2.3 Abu Cangkang Lokan

## 2.3 Aspal

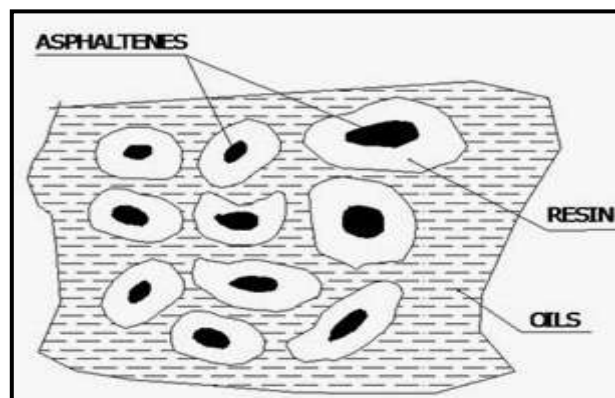
### 2.3.1 Pengertian Aspal

Aspal adalah material *thermoplastis* yang akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah. Sifat ini dinamakan kepekaan terhadap perubahan temperatur, yang dipengaruhi oleh komposisi kimiawi aspal walaupun mungkin mempunyai nilai penetrasi atau viskositas yang sama pada temperatur tertentu. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan (Sukirman, 2007).

Pada temperatur ruang aspal bersifat *thermoplastis*, sehingga aspal akan mencair jika dipanaskan sampai pada temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran (Sukirman, 2007).

### 2.3.2 Kandungan Aspal

Aspal merupakan unsur hidokarbon yang sangat kompleks, sangat sukar untuk memisahkan molekul-molekul yang membentuk aspal tersebut. Disamping itu setiap sumber dari minyak bumi menghasilkan komposisi molekul yang berbeda. Komposisi aspal terdiri dari *asphaltenes* dan *metanes*. *Asphaltenes* merupakan material yang berwarna hitam atau coklat tua yang tidak larut dalam *heptane*. *Maltenes* larut dalam *heptane*, merupakan cairan kental yang terdiri dari resin dan *oils*. Resin merupakan cairan kental yang berwarna kuning atau coklat tua yang memberikan sifat adhesi dari aspal merupakan bagian yang mudah hilang atau berkurang selama masa pelayanan jalan (Sukirman, 1999).



Sumber: Silvia Sukirman, 1999

Gambar 2.4 Kandungan Aspal

### 2.3.3 Fungsi Aspal sebagai Material Perkerasan Jalan

Aspal yang digunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai:

1. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara sesama aspal.
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori yang ada didalam butir agregat itu sendiri.



## 2.4 Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)

Jenis beton aspal yang ada di Indonesia saat ini adalah Laston atau dikenal dengan nama AC (*Asphalt Concrete*), yaitu beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan dengan beban lalu lintas yang cukup berat. Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas (Waani, 2013).

Pembuatan Laston/AC (*Asphalt Concrete*) dimaksudkan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapis antara pada perkerasan jalan raya yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya. Sebagai lapis permukaan, lapis aspal beton harus dapat memberikan kenyamanan dan keamanan yang tinggi (Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya, SKBI-2.4.26.1987). Berdasarkan Fungsinya, *Asphalt Concrete* mempunyai tiga macam campuran, salah satunya *Asphalt Concrete-Binder Course*(AC-BC) yang berfungsi sebagai lapisan pengikat.

Berdasarkan spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2010 Revisi I, setiap jenis lapisan memiliki ketebalan tersendiri yang ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Tebal Nominal Minimum Campuran beraspal

Jenis Campuran		Simbol	Tebal Nominal Minimum (cm)
Laston	Lapis Aus	AC-WC	4,0
	Lapis Antara	AC-BC	6,0
	Lapis Pondasi	AC-Base	7,5

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2010 Revisi I Divisi 6

Selain itu, Bina Marga 2010 juga memberikan persyaratan laston dalam lapis perkerasan yang dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran		Laston					
		Lapis Aus		Lapis Antara		Pondasi	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar aspal efektif (%)		5,1	4.3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan aspal (%)	Maks.	1,2					
Jumlah tumbukan per bidang		75				112 <sup>(1)</sup>	
Rongga dalam campuran (%)	Min	3,5					
	Maks.	5,0					
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15		14		13	
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65		63		60	
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800				1800 <sup>(1)</sup>	
	Maks.	-				-	
Pelelehan (mm)	Min.	3				4,5 <sup>(1)</sup>	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	250				300	
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C	Min.	90					
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal)	Min.	2,5					

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2010 Revisi I Divisi 6

Berdasarkan tingkat kekerasannya umumnya di Indonesia menggunakan aspal penetrasi 60-70 yang juga akan digunakan dalam penelitian ini dengan ketentuan seperti pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Ketentuan Aspal Penetrasi 60-70

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen. 60-70
1.	Penetrasi pada 25°C (dmm)	SNI 06-2456-1991	60-70
2.	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-1991	≥48
3.	Duktilitas pada 25°C, (cm)	SNI-06-2432-1991	≥100
4.	Titik Nyala (°C)	SNI-06-2433-1991	≥232
5.	Berat Jenis	SNI-06-2441-1991	≥1,0
6.	Stabilitas Penyimpanan (°C)	ASTM D 5976 part 6.1	-

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2010 Revisi I Divisi 6

## 2.5 Agregat

ASTM 1995 mendefinisikan batuan sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar atau berupa fragmen-fragmen. Agregat, berdasarkan proses pembentukannya terdiri dari 2 jenis yaitu agregat alam dan agregat buatan. Agregat alam, berdasarkan proses pembentukannya, terbagi lagi atas batuan endapan, batuan beku dan batuan metamorph. Berdasarkan proses pengolahannya agregat dibedakan atas agregat alam yang mengalami proses pengolahan terlebih dahulu dan agregat buatan (Waani, 2013).

Selain itu agregat juga dibagi berdasarkan ukuran butirannya menurut Bina Marga Tahun 2010 yaitu:

1. Agregat kasar, yakni yang tertahan saringan no.8
2. Agregat halus, yakni yang lolos saringan no.8 dan tertahan saringan no.200
3. Bahan pengisi atau *filler*, termasuk agregat halus yang sebagian besar lolos saringan no.200.

### 2.5.1 Agregat Kasar

Menurut Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2010 Revisi I, agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.8 (2,36 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan sesuai dengan ketentuan yang disyaratkan. Adapun ketentuan agregat kasar sesuai Bina Marga 2010 dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian	Standar	Nilai
Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 2417-2008	Maks. 30%
Angularitas (kedalaman dari permukaan <10 cm)	SNI 03-6877-2002	95/90
Angularitas (kedalaman dari permukaan $\geq 10$ cm)		80/75
Partikel pipih dan lonjong	ASTM D4791	Maks. 10%
Material lolos saringan No. 200	SNI 03-4142-1996	Maks. 1%
Berat jenis	SNI-03-1959-1990	Maks.0,2 dari agregat halus
Penyerapan air	SNI-03-1959-1990	Maks. 3%

Sumber : Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2010 Revisi I Divisi 6

### 2.5.2 Agregat Halus

Menurut persyaratan Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga 2010 Revisi I, agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No.8 (2,36 mm). Selain itu, agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Komposisi agregat halus yang ideal dipakai di Indonesia berdasarkan Bina Marga 2010 dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Material lolos saringan No. 200	SNI 03-4428-1997	Maks. 8%
Angularitas (kedalaman dari permukaan <10cm)	SNI 03-6877-2002	Min. 45
Angularitas (kedalaman dari permukaan $\geq$ 10cm)		Min. 40
Berat jenis	SNI 03-1970-1990	Mak. 0,2 dari agregat kasar
Penyerapan air	SNI 03-1970-1990	Maks. 3%
Berat isi	-	-

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2010 Revisi I Divisi 6

### 2.5.3 Gradasi Agregat

Sesuai spesifikasi umum yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga tahun 2010 revisi 1, gradasi agregat untuk campuran aspal beton berbeda-beda sesuai dengan jenis perkerasan. Gradasi ini terbagi menjadi gradasi halus dan kasar dengan persentase lolos saringan berbeda. Gradasi Agregat untuk campuran aspal selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat dalam Campuran					
	Laston (AC)					
	Gradasi Halus			Gradasi Kasar		
	WC	BC	Base	WC	BC	Base
37,5			100			100
25		100	90 – 100		100	90 – 100
19	100	90 – 100	73 – 90	100	90 - 100	73 – 90
12,5	90 - 100	74 – 90	61 – 79	90 - 100	71 - 90	55 – 76
9,5	72 - 90	64 – 82	47 – 67	72 - 90	58 – 80	45 – 66
4,75	54 - 69	47 – 64	39,5 – 50	43 - 63	37 - 56	28 - 39,5
2,36	39,1 - 53	34,6 – 49	30,8 – 37	28 - 39,1	23 - 34,6	19 - 26,8
1,18	31,6 - 40	28,3 – 38	24,1 – 28	19 - 25,6	15 - 22,3	12 - 18,1
0,600	23,1 - 30	20,7- 28	17,6 – 22	13 - 19,1	10 - 16,7	7 - 13,6
0,300	15,5 - 22	13,7- 20	11,4 – 16	9 - 15,5	7 - 13,7	5 - 11,4
0,150	9 - 15	4 – 13	4 – 10	6 – 13	5 – 11	4,5 – 9
0,075	4 - 10	4 – 8	3 - 6	4 – 10	4 - 8	3 – 7

Sumber : Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2010 Revisi I Divisi 6

## 2.6 Rancangan Campuran Aspal (*Design Mix Formula*)

Rancangan campuran dilaksanakan setelah pemeriksaan apakah agregat dan aspal yang akan dipergunakan memenuhi spesifikasi material campuran. Di Indonesia terdapat dua metode rancangan campuran, yaitu metode Marshall yang dikembangkan oleh *The Asphalt Institute* dan metode CQCMU yang dikembangkan di Indonesia mengacu pada *British Standard* (Sukirman, 2007).

### 1. Metode Marshall

Rancangan campuran berdasarkan metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76 atau AASHTO T-245-90. Langkah-langkah kerja campuran metode Marshall (Sukirman, 2007) adalah :

- Mempelajari spesifikasi gradasi agregat campuran yang diinginkan dari spesifikasi campuran pekerjaan.
- Merancang proporsi dari masing-masing agregat yang tersedia untuk mendapatkan agregat campuran dengan gradasi sesuai butir
- Menentukan kadar aspal total dalam campuran
- Membuat benda uji atau briket beton aspal
- Melakukan uji Marshall untuk mendapatkan stabilitas dan kelelahan (*flow*) benda uji.

- f. Menghitung parameter Marshall yaitu VIM, VMA, VFA, berat volume campuran, dan parameter lain sesuai parameter yang ada pada spesifikasi campuran.
- g. Menggambarkan hubungan antara kadar aspal dan parameter Marshall, setelah itu didapat nilai kadar aspal optimum.
- h. Membuat *Job Mix Formula*.

## 2. Metode CQCMU

Perencanaan campuran awal di laboratorium berdasarkan metode CQCMU dikembangkan dari BS 594 oleh CP Corne pada awal tahun 1980 di Indonesia. Metode ini kemudian dikembangkan oleh *Central Quality Control and Monitoring Unit* (CQCMU), Bina Marga sehingga lebih dikenal sebagai metode CQCMU. Langkah-langkah kerja campuran metode CQCMU adalah sebagai berikut (Sukirman, 2007) :

- a. Pemilihan agregat dan penentuan sifat yang harus sesuai spesifikasi material.
- b. Penentuan kadar aspal total.
- c. Penentuan campuran nominal berdasarkan sifat dan kadar aspal efektif yang ditentukan dalam spesifikasi.
- d. Pembuatan benda uji
- e. Pengujian Marshall
- f. Perhitungan parameter Marshall
- g. Penggambaran hubungan proporsi agregat kasar dan parameter Marshall
- h. Diperoleh proporsi agregat kasar dan ratio pasir/abu batu terbaik lalu pembuatan benda uji lagi untuk untuk ratio pasir/abu batu terbaik dengan kadar aspal  $a\%$ ,  $a \pm 1\%$  dan  $a \pm 2\%$ . Lalu dilanjutkan pengujian Marshall.
- i. Perhitungan parameter Marshall lalu digambar hubungan antara kadar aspal optimum dan parameter Marshall sehingga diperoleh kadar aspal optimum.
- j. Pembuatan *Job Mix Formula*.

Perbedaan mendasar antara metode Marshall dan metode CQCMU dapat dilihat pada tabel 2.10.

Tabel 2.10 Perbedaan metode marshall dan metode CQCMU

No.	Metode Marshall	Metode CQCMU
1	Untuk beton aspal bergradasi baik	Untuk beton aspal bergradasi senjang
2	Dimulai dari gradasi yang dipilih	Dimulai dari rancangna campuran nominal
3	Kadar aspal ditentukan berdasarkan sifat campuran yang diinginkan.	Menentukan porposisi agregat kasar dan ratio pasir dan abu batu.

Sumber: Sukirman, 2007

Dalam mendapatkan campuran aspal beton yang baik maka harus diperhatikan penggabungan agregatnya. Penggabungan agregat tersebut sangat berpengaruh pada resep komposisi campuran agar didapatkan suatu campuran yang homogen dan butir agregat yang sesuai standar spesifikasi. Baik metode Marshall ataupun Metode CQCMU dapat menggunakan ke empat alternatif metode penggabungan seperti berikut ini (Muqarramah, 2012) :

a. Cara *Trial* dan *Error*

Prinsip kerja dari metode ini adalah :

1. Memahami batas gradasi yang disyaratkan.
2. Memasukkan data spesifikasi gradasi pada kolom spesifikasi unit.
3. Memasukkan presentase lolos saringan, masing-masing jenis batuan ke dalam persentase *passing*.
4. Memasukkan spesifikasi ideal pada kolom target *value*, yaitu nilai salah satu dari spesifikasi ideal yang disyaratkan.
5. Mengambil dari salah satu spesifikasi ideal dengan jenis yang ada, dalam hal ini agregat kasar, sedang dan halus kemudian dicampur ketiganya dengan jumlah 100 % dan nilai gabungannya mendekati nilai spesifikasi ideal yang kita ambil tadi.
6. Jika sudah mendekati salah satu nilai spesifikasi ideal dari ketiga agregat tadi, yang lain dihitung atau *combined* dengan prosentase yang sama.

Sehingga dapat dipergunakan sebagai gradasi untuk campuran aspal panas sebagai perkerasan jalan.

b. Cara Diagonal

Prinsip kerja dari metode ini adalah :

1. Mengetahui gradasi yang diminta.
2. Buat gambar persegi panjang, ukuran (10 x 20) cm pada kertas milimeter *block*.
3. Buat garis diagonal dari sisi kiri bawah ke sisi kanan atas. Sisi vertikal (10 cm) merupakan persen lolos saringan. Dengan melihat spesifikasi ideal, letakkan tiap-tiap nilai spesifikasi ideal pada garis tiap-tiap yang diwujudkan berupa titik. Dari titik-titik pada diagonal tersebut ditarik garis vertikal untuk tempat menuliskan nomor-nomor saringan. Dengan menggunakan grafik persen lolos saringan masing-masing fraksi batuan 2 dapat dilihat dengan jarak antara fraksi 2 terhadap garis tepi bawah dan atas jarak antara grafik 1 terhadap garis tepi atas yang mana merupakan garis lurus. Pada kedua jarak itu, tariklah garis vertikal yang memotong garis diagonal pada suatu titik. Dari titik potong tersebut, tarik garis mendatar ke kanan sampai memotong garis tepi empat persegi panjang pada bagian sebelah kanan sehingga diperoleh titik yang merupakan titik persen agregat 2 yang diperlukan. Buatlah garis potong dengan jarak sama antara jarak terhadap agregat 3 (harus sama dengan jumlah jarak terhadap agregat 1 dan 2). Dari titik potong ini ditarik garis mendatar ke samping kanan, sehingga diperoleh titik dimana didapatkan persen agregat 1, 2 dan 3, dengan demikian kita telah memperoleh agregat dalam bentuk % (1, 2 dan 3). Dari persentase ini, fraksi-fraksi yang diperoleh dapat dihitung (sehingga memenuhi syarat) atau dengan spesifikasi yang dipakai.

c. Cara Grafis (Bujur Sangkar)

Prinsip kerja dari metode ini adalah :

1. Buat kotak dengan ukuran bujur sangkar (10 x 10) cm sebanyak dua buah.
2. Untuk sisi kiri merupakan persen agregat kasar. Plot pada garis paling tepi titik-titik dari masing-masing nomor saringan untuk agregat sedang.



Gabungkan masing-masing titik/nomor saringan yang sama. Pada garis-garis penghubung tersebut ditentukan batas spesifikasi. Tentukan batas maksimum dan minimum yang paling dekat terhadap garis agregat kasar dan agregat sedang yang paling dekat. Dari batas maksimum dan minimum tersebut ditarik garis vertikal. Tarik yang membagi membatasi dua daerah maksimum dan minimum sehingga dari garis ini, dapat ditentukan persentase agregat kasar dan halus. Pada bujur sangkar yang ke dua tarik garis mendatar untuk memindahkan nomor-nomor saringan. Pada garis sisi kanan sebagai agregat halus, tentukan titik-titik pada garis tersebut sesuai ukuran saringan. Hubungkan kedua titik pada garis agregat kasar dan agregat halus serta agregat sedang. Cari harga maksimum dan minimum yang mempunyai jarak terdekat. Tarik garis vertikal dari masing-masing titik maksimum dan minimum tersebut. Tarik garis pembagi dua, sehingga dapat ditentukan presentase agregat kasar, agregat sedang dan agregat halus.

d. Cara Analitis

Prinsip kerja dari metode ini adalah :

1. Tentukan gradasi agregat yang digunakan.
2. Tentukan campuran agregat dan *filler*. Hitung butiran agregat yang lewat saringan sesuai gradasi lapisan dengan mengalikan presentase agregat.
3. Tentukan spesifikasi ideal terhadap butiran yang lewat saringan nomor 200. Hitung kekurangan butiran yang lewat saringan nomor 200 dengan mengurangkan spesifikasi ideal dengan total butiran lewat saringan nomor 200.
4. Tentukan komposisi campuran.

Dalam perencanaan suatu campuran, kadar aspal ditentukan dengan rumus berdasarkan spesifikasi Depkimpraswil 2002 seperti berikut ini:

$$P = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (filler) + K \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

P = kadar aspal tengah/ideal, persen terhadap berat campuran

Ca = persen agregat tertahan saringan No 8

FA = persen agregat lolos saringan No 8 dan tertahan saringan No.200

Filler = persen agregat minimal 75% lolos No 200

K = konstanta; 0,5-1,0 untuk laston; 2,0 – 3,0 untuk lataston

## 2.7 Pengujian Marshall

Pengujian kinerja beton aspal padat dilakukan melalui pengujian Marshall, dikembangkan pertama kali oleh Bruce Marshall dan dilanjutkan oleh U.S *Corps Engineer* (Sukirman, 2007).

Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (=5000 lbf) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastik atau *flow*. Alat uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inci (10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (6,35 cm). Menurut Sukirman tahun 2007, secara umum pengujian Marshall meliputi enam butir pengujian :

1. Pengujian nilai stabilitas, yaitu kemampuan maksimum beton aspal padat menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis.
2. Pengujian kelelahan (*flow*), yaitu besarnya perubahan bentuk plastis dari beton aspal padat akibat adanya beban sampai batas keruntuhan.
3. Perhitungan *Marshall Quotient*, yaitu : perbandingan antara nilai stabilitas dan *flow*.
4. Perhitungan berbagai jenis volume pori dalam beton aspal padat
  - a. Volume pori dalam beton aspal padat (VIM).
  - b. Volume pori dalam agregat campuran (VMA).

## 2.8 Hasil Penelitian sebelumnya

1. Hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Sahlan (2009) mengenai penggunaan kulit kerang sebagai bahan tambah pada campuran ATB menyimpulkan bahwa benda uji campuran normal dengan aspal optimum didapat sifat Marshall sebagai berikut : *density* 2.320 gr/cc, VFWA 61 %, VITM 7.2 %, VMA 20.3 %, stabilitas 1458 kg, *flow* 4.21 mm, MQ 449 kg/mm. Benda uji campuran dengan bahan tambah kulit kerang, pada kulit kerang optimum didapat sifat Marshall sebagai berikut : *density* 2.232 gr/cc,

nilai VFWA 61.05 %, VITM 7.473 %, VMA 20.3 %, stabilitas 2999 kg, *flow* 2.19 mm, nilai MQ 940 kg/mm. Dari hasil yang diperoleh, dapat dilihat terjadinya kenaikan pada density, VFWA, VITM, stabilitas dan MQ.

2. Pada penelitian yang dilakukan oleh Rahaditya (2012) mengenai studi penggunaan serbuk bata merah sebagai *filler* pada perkerasan *hrs-wc* menyimpulkan bahwa setiap bertambahnya kadar aspal nilai stabilitas terus mengalami kenaikan. Pada kelelehan (*flow*) kadar aspal 4,5 % s/d 6,5% masuk dalam spesifikasi yang disyaratkan, hal serupa terjadi pada nilai stabilitas pada campuran *filler* serbuk bata merah dengan kadar aspal 4,5% s/d 6,5% memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Pada *MQ* campuran *filler* serbuk bata merah dengan kadar aspal 4,5% s/d 5,5 % mengalami kenaikan dan pada kadar aspal 6% s/d 6,5% terjadi penurunan. Tetapi pada semua penurunan tersebut masih memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.

## **BAB III**

### **METODELOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Gambaran Umum Penelitian**

Pelaksanaan penelitian seperti pembuatan benda uji, perawatan dan pengujian benda uji dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bengkulu. Penelitian yang akan diuji pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* adalah *Marshall test* dengan variasi penggantian sebagian *filler* 100:0, 50:50, 0:100 dimana bahan utama *filler* berupa semen *portland* dan *filler* pengganti berupa kombinasi dari 60% abu cangkang lokan dan 40% serbuk batu bata. Semua bahan yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada spesifikasi umum yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga tahun 2010 Revisi I.

#### **3.2 Tahapan Penelitian**

Pelaksanaan penelitian yang dilaksanakan di Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bengkulu disajikan dalam gambar diagram bagan alir penelitian (Gambar 3.1).

##### **3.2.1 Persiapan Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Agregat kasar (*split*)

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini yaitu agregat alami yang dipecahkan (*split*), agregat ini berasal dari Kabupaten Bengkulu Utara.

2. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini berupa abu batu yang disaring, agregat halus ini berasal dari Kabupaten Bengkulu Utara.

3. *Filler*

Penelitian ini berupa eksperimen dari penggantian *filler* yang dikombinasikan.

Terdapat tiga jenis *filler* yang dipakai yaitu:

a. Semen *Portland*

Semen digunakan sebagai bahan utama *filler*. Semen yang digunakan

adalah Semen *Portland* yang sesuai dengan standar SNI. Pengamatan dilakukan secara visual pada kemasan kantong 50 kg, kemasan dalam keadaan tertutup dan tidak terdapat kerusakan pada segel maupun kantong.

b. Batu bata.

1) Sumber Bahan

Limbah batu bata diambil dari Pabrik Batu Bata Di Kelurahan Dusun Besar Kota Bengkulu.

2) Tahap Pengolahan :

- a) Limbah/sisa batu bata yang telah diambil dari pabrik dijemur terlebih dahulu untuk menghilangkan kadar air, lama penjemuran  $\pm$  setengah hari
- b) Setelah kering, batu bata dihancurkan secara manual dengan batu giling hingga menjadi serbuk lalu disaring dengan saringan nomor 200.
- c) Serbuk batu bata yang diambil adalah serbuk yang lolos ayakan nomor 200.

c. Cangkang lokan

1) Sumber Bahan

Limbah cangkang lokan diambil di daerah Pulau Baai pada lokasi pembuangan limbah rumah tangga penduduk disekitar Pulau Baai.

2) Tahap Pengolahan :

- a) Cangkang lokan yang diambil dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran yang menempel.
- b) Siapkan alat pembakaran untuk cangkang lokan berupa tungku pembakar dari susunan batu bata, kayu bakar, dan kawat besi.
- c) Cangkang lokan dibakar di atas kawat besi setelah api menyala diatas suhu  $110^{\circ}\text{C}$ .
- d) Cangkang lokan diangkat dari perapian setelah menjadi lunak dan mudah dihancurkan, hal ini bisa dilihat dari kulit cangkang yang berubah warna menjadi putih. Lama pembakaran  $\pm$  5 menit.

- e) Sebelum dihancurkan, cangkang lokan dibersihkan lagi dari dari kotoran bekas pembakaran menggunakan busa kawat cuci piring lalu ditumbuk hingga menjadi halus.
- f) Setelah penumbukan, cangkang lokan disaring dengan saringan nomor 200. Abu cangkang lokan yang lolos saringan nomor 200 dipakai sebagai *filler* pengganti semen.

#### 4. Aspal

Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 yang berada di Laboraturim Transportasi Teknik Sipil Universitas Bengkulu.

#### 3.2.2 Persiapan Alat

Semua peralatan yang dibutuhkan untuk penelitian ini tersedia di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Bengkulu. Peralatan yang digunakan adalah :

##### 1. Saringan/ayakan

Saringan digunakan untuk campuran aspal *AC-BC* berukuran 25 mm, 19 mm, 12,5 mm, 9,5 mm, 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15 mm, 0,075 mm dan pan.

##### 2. Timbangan yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Timbangan kapasitas 20 kg dengan ketelitian 1 gram, untuk agregat kasar
- b. Timbangan Digital kapasitas 2 kg ketelitian 2 gram, untuk agregat halus dan *filler*.

##### 3. Gelas ukur

##### 4. Tabung silinder

##### 5. Kertas Hisap (Karton)

##### 6. Batang penumbuk berdiameter 16 mm dan panjang 610 mm

##### 7. Mistar

##### 8. Cetakan benda uji (*mold*)

##### 9. Talam atau pan

##### 10. Oven

##### 11. piknometer

##### 12. Mesin uji Marshall

13. Mesin uji Los Angeles
14. Satu set alat dongkrak
15. Ember
16. Kuas
17. Palu karet
18. Jangka sorong
19. *Thermometer*
20. Kompor
21. Bak perendam
22. Kualiti

### **3.2.3 Pemeriksaan Aspal**

Pemeriksaan aspal dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari aspal keras. Pemeriksaan aspal ini meliputi :

1. Berat Jenis Aspal (SNI 06-2441-1991)
2. Titik Lembek (SNI 06-2434-1991)
3. Titik Nyala (SNI 06-2433-1991)

### **3.2.4 Pemeriksaan Agregat**

Pemeriksaan agregat kasar dan halus dilakukan untuk memenuhi standar agregat sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan. Pemeriksaan agregat ini meliputi:

1. Pemeriksaan Gradasi Agregat (SNI 03-1968-1990)
2. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (SNI 03-1959-1990)
3. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (SNI 03-1970-1990)
4. Penentuan Berat Isi Agregat (SNI 03-4804-1998)
5. Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar Dengan Mesin *Los Angeles*.

### **3.2.5 Rancangan Campuran Aspal**

Rancangan campuran dalam penelitian ini menggunakan metode Marshall. Hal ini dikarenakan metode Marshall lebih mudah diaplikasikan daripada metode CQCMU. Langkah-langkah rancangan untuk menggunakan metode ini adalah sebagai berikut :

1. Mempelajari spesifikasi gradasi agregat campuran yang diinginkan dari Spesifikasi Umum Bina Marga Bidang Jalan dan Jembatan 2010 Revisi 1 Divisi 6.
2. Merancang proporsi agregat, proporsi ini ditentukan secara analitis dimana proporsi agregat tersebut dipilih dari gradasi yang sesuai BM 2010 Tabel 2.9. Prinsip kerja metode analitis ini adalah dengan menentukan gradasi agregat yang dipilih kemudian menghitung jumlah butiran yang lolos dan tertahan sesuai spesifikasi yang telah ditentukan sehingga didapat komposisi agregat kasar, agregat halus dan *filler*.
3. Mendapatkan kadar aspal total dalam campuran menggunakan rumus 2.1. Dari perhitungan diperoleh kadar aspal rencana P dengan dua variasi kadar aspal diatas P dan dua variasi kadar aspal dibawah P (-1,0%; -0,5%; P; +0,5%; +1%).
4. Menghitung kebutuhan agregat kasar, agregat halus dan *filler* sesuai dengan komposisi yang didapat. Berat total agregat 1200 gram untuk satu benda uji (tanpa apal).
5. Berat aspal didapat dari persen kadar aspal x 1200 gram (berat total agregat).

### **3.2.6 Pembuatan Benda Uji *Marshall test***

Setelah semua pemeriksaan agregat memenuhi spesifikasi, langkah selanjutnya yaitu melakukan rancangan campuran (*mix design*) untuk mendapatkan komposisi agregat dan kadar aspal.

Bahan-bahan yang digunakan dalam campuran benda uji yaitu agregat kasar, agregat halus dan *filler*. Agregat dan *filler* ditimbang sesuai ukurannya berdasarkan gradasi yang diinginkan. Berat total agregat campuran adalah berat agregat yang dapat menghasilkan satu benda uji padat setinggi 6,35 cm dengan diameter 10,2 cm. Umumnya berat agregat campuran adalah  $\pm 1200$  gram.



Prosedur pembuatan benda uji untuk campuran aspal adalah :

1. Persiapan Benda Uji

Bersihkan bahan-bahan yang akan digunakan untuk campuran benda uji lalu keringkan dalam oven pada suhu  $110^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam. Setelah itu, pisahkan agregat dan *filler* ke dalam wadah berupa nampan/loyang agar mudah pada saat pengambilan. Bersihkan cetakan benda uji lalu buat alas benda uji sesuai dengan diameter cetakan. Sebelum penuangan, bagian dalam cetakan dilapisi oli agar benda uji tidak melekat dengan cetakan dan mempermudah pengeluaran benda uji dari cetakan.

2. Pembuatan Campuran

Panaskan agregat dan *filler* yang diperlukan dengan cara disangrai dengan suhu diatas  $110^{\circ}\text{C}$ . Panaskan juga aspal hingga mencapai suhu diatas  $110^{\circ}\text{C}$  lalu timbang kadar aspal yang diperlukan dari komposisi campuran yang telah didapat, setelah itu tuangkan aspal sesuai jumlah yang dibutuhkan ke dalam agregat dan *filler*. Aduk campuran hingga merata.

3. Pemadatan campuran

Setelah campuran aspal tercampur merata diatas suhu  $110^{\circ}\text{C}$ , pindahkan kedalam cetakan yang telah dilapisi kertas saring yang bagian dasarnya telah dilapisi kertas dan ditusuk-tusuk pada pinggir cetakan dan bagian tengah cetakan yang telah terisi campuran. Lepaskan leher cetakan, ratakan permukaan campuran dengan sendok semen sehingga menjadi sedikit cembung. Letakan cetakan diatas alat pemadat kemudian ditumbuk sebanyak 75 kali. Setelah selesai cetakan dibalik dan dilakukan penumbukan kembali sebanyak 75 kali.

4. Perawatan Benda Uji

Benda uji yang telah dipadatkan dikeluarkan dari cetakan dengan dongkrak hidrolik (*extruder*) dengan meletakkan pelat pengeluar benda uji pada bagian atas cetakan dan lepaskan pelat dasar cetakan. Keluarkan benda uji dengan hati-hati dan rendam benda uji selama kurang lebih 1 hari.

Jumlah keseluruhan benda uji yang diteliti adalah 54 benda uji, yaitu 45 buah benda uji untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) dan 9 benda uji setelah diperoleh KAO.

#### 1. Benda uji untuk mencari KAO

Untuk mengetahui nilai KAO, 45 benda uji diuji Marshall. Hal ini bisa dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Komposisi dan Jumlah Pembuatan Benda Uji

No.	Kadar Aspal (%)	Jumlah Benda Uji Pada Setiap Perbandingan Antara <i>Filler</i> Semen Portland Dan <i>Filler</i> 60% Abu Cangkang Lokan dan 40% serbuk Batu Bata		
		0:100	50:50	100:0
1.	(p+1)	3	3	3
2.	(p+0,5)	3	3	3
3.	P	3	3	3
4.	(p-0,5)	3	3	3
5.	(p-1)	3	3	3
Jumlah benda uji		45 buah benda uji		

#### 2. Benda uji setelah KAO diperoleh

Langkah ini dilakukan setelah memperoleh nilai KAO (Kadar Aspal Optimum). Hal ini dilakukan untuk mengetahui nilai karakteristik Marshall pada setiap perbandingan penggantian *filler* semen dengan kombinasi 60% abu cangkang lokan dan 40% serbuk batu bata. Dari perbandingan tersebut akan diperoleh nilai KAO yang paling efektif yang bekerja pada Campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC). Pada tahap ini keseluruhan benda uji yang diteliti adalah 9 buah benda uji, yaitu 3 benda uji untuk masing-masing perbandingan *filler* dengan persentase berbeda. Jumlah benda uji ini dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Rancangan Benda Uji Berdasarkan KAO

Kadar Aspal(%)	Jumlah Benda Uji Pada Setiap Perbandingan Antara <i>Filler</i> Semen Portland Dan <i>Filler</i> 60% Abu Cangkang Lokan dan 40% serbuk Batu Bata		
	0:100	50:50	100:0
KAO	3	3	3
Jumlah Benda Uji	9 Buah Benda Uji		

### 3.3 Prosedur Marshall Untuk Campuran

Prosedur pengujian ini digunakan dalam desain dan evaluasi untuk campuran perkerasan aspal. Ada dua ciri utama dalam metode percobaan *Marshall* untuk campuran aspal yakni, stabilitas dan *flow test*.

Stabilitas dari campuran ditentukan sebagai suatu beban maksimum yang diperoleh melalui pembebanan benda uji pada temperatur standar saat dilakukan test yaitu 60° C. Kelelahan plastis (*flow*) diukur sebagai suatu perubahan bentuk dalam satuan 0.1 mm. Dalam percobaan ini usaha yang dilakukan adalah untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum pada tipe campuran agregat.

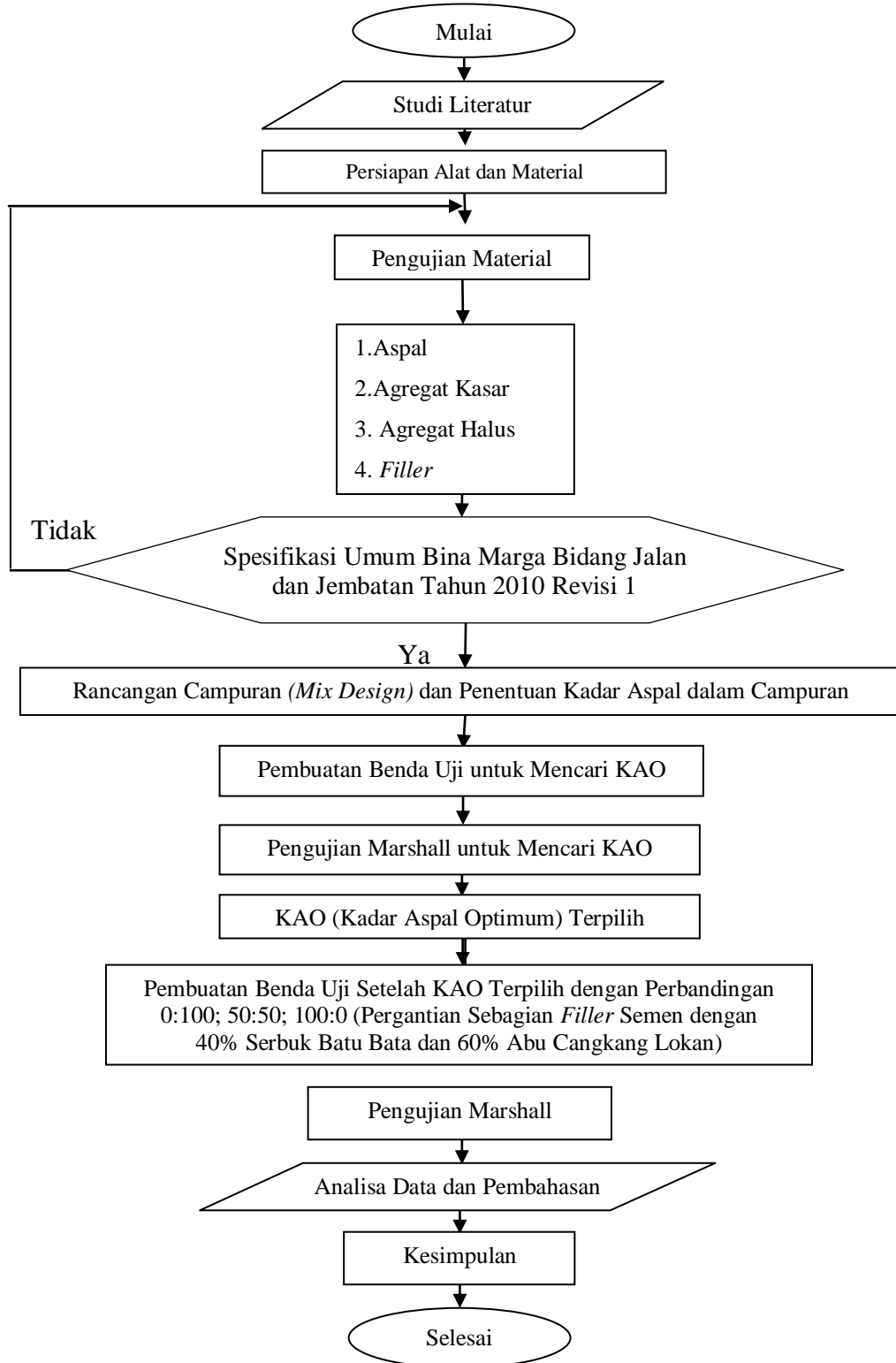
Benda uji yang kita buat ditimbang dan direndam dalam air selama 1 jam, selanjutnya dikeluarkan dan ditimbang lagi dalam keadaan kering permukaan jenuh. Kemudian benda uji direndam dalam bak perendam pada suhu 60° C selama 30 menit.

Pengujian Marshall dilakukan dalam waktu tidak lebih dari 30 detik sejak diambil dari *waterbath*. Pembacaan untuk stabilitas dilakukan pada pembebanan tertinggi dalam kg pada arloji dan *flow* dicatat pada pembebanan puncak tersebut dalam satuan 0.1 mm. Jika tinggi benda uji tidak persis sama dengan 63,5 mm, maka hasil pembacaan arloji harus dikalikan dengan suatu faktor koreksi benda uji, sementara pembacaan arloji stabilitas juga harus dikalikan dengan angka koreksi *proving ring*. Dari hasil penimbangan benda uji sebelum dilakukan pembebanan dapat dihitung persen rongga dalam campuran, dan persen rongga terisi aspal.

Data penelitian yang didapat menggunakan metode tabel dan grafik untuk memperoleh hubungan antara penggantian *filler* semen dengan *filler* 60% abu cangkang lokan dan 40% abu sekam padi terhadap karakteristik Marshall.

### 3.4 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian